

# Freisetzung von Maltose/Maltotriose und Glucose aus Maltodextrinen und maltodextrinhaltigen Kindertees unter Einfluss von $\alpha$ -Amylase und Speichel

## Zusammenfassung

Ziel der In-Vitro-Untersuchungen war es zu überprüfen, inwieweit unter Zugabe von  $\alpha$ -Amylase oder menschlichem Speichel die Freisetzung von Zuckern aus maltodextrinhaltigen Kindertees und Maltodextrin-Basisprodukten in Zeitabhängigkeit verläuft. Die gemäss den Angaben der Vertriebsfirmen angesetzten Standardauflösungen der Produkte wurden mit  $\alpha$ -Amylase oder menschlichem Speichel versetzt und danach der Gehalt von Maltose/Maltotriose, Glucose, Saccharose und Fructose nach 10, 60 und 300 sec unter Verwendung von kommerziellen Test-Sets spektralphotometrisch bestimmt.

In beiden Versuchen erhöhten sich die niedrigen Ausgangswerte für Maltose/Maltotriose bei den Basisprodukten in den ersten 10 sec um ein Vielfaches. Auch bei den Instanttees mit höheren Ausgangswerten ergab sich noch ein 4- bis 5facher Anstieg des Maltose-/Maltotriosegehaltes. Der Glucosegehalt zeigte sowohl bei den Basisprodukten als auch bei den Instanttees höhere Anstiegswerte nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase als nach Zugabe von Speichel. In allen Versuchsdurchläufen zeigten sich nach 60 und 300 sec nur noch geringfügige Veränderungen. Die Werte für Saccharose und Fructose blieben konstant. Aus den Ergebnissen lässt sich folgern, dass die Kariogenität maltodextrinhaltiger Kindernahrungsmittel in der Mundhöhle unter Einfluss der Speichelamylase schnell zunehmen kann.

Acta Med Dent Helv 4: 95–101

Schlüsselwörter: Kindertees, Nursing-Bottle-Syndrom, Maltodextrin, Kariogenität,  $\alpha$ -Amylase

Zur Veröffentlichung angenommen: 16. Februar 1999

Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. W.-E. Wetzel, Schlängenzahl 14; D-35392 Giessen, Tel. 0049-641-9946240, Fax 0049-641-9946239

HASHEM ZAKIPOUR und WILLI-ECKHARD WETZEL  
Abteilung Kinderzahnheilkunde, Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde, Universität Giessen

## Einleitung

Bei der Herstellung von Nahrungsmitteln für Kinder sind Kohlenhydrate neben Eiweissen und Fetten wichtige Bestandteile. Bezogen auf das Körpergewicht haben Säuglinge einen dreifach höheren Kalorienbedarf als Erwachsene. Ein beträchtlicher Teil hiervon wird durch Kohlenhydrate in Form von Stärke und Stärkeabbauprodukten gedeckt (HOLLÓ et al. 1973). In den letzten Jahren liess sich der Trend beobachten, dass saccharosehaltige Kindernahrungsmittel durch Produkte abgelöst wurden, die statt des Rohr-/Rübenzuckers Maltodextrine enthalten. Bei letzteren handelt es sich um Abbauprodukte der Stärke, die sich qualitativ und quantitativ aus variablen Gemischen von kurz- und langkettigen Kohlenhydraten zusammensetzen.

Maltodextrinhaltige Produkte werden von den Herstellern dann als «ungezuckert» deklariert, wenn keine niedermolekularen Kohlenhydrate (Mono- bzw. Disaccharide) zugesetzt worden sind. Kaum bekannt ist allerdings, dass sie auch ohne Zusatz bereits zwischen 3 und 20% verschiedene Zucker enthalten (SCHWAIGER 1990). Insofern sind auch auf Maltodextrinbasis hergestellte Säuglings- und Kindertees keineswegs ganz zuckerfrei. Aus unserer Giessener Arbeitsgruppe wurde bereits darauf hingewiesen, dass die undifferenzierte Angabe «Maltodextrin» auf Verpackungsetiketten ohne genaue inhaltliche Kennzeichnung des jeweiligen Gehaltes an niedermolekularen Kohlenhydraten als problematisch anzusehen ist (KOCH & WETZEL 1995a). Während hinreichende Ergebnisse über den Abbau der Stärke in der Mundhöhle bereits vorliegen, wurde bisher nicht untersucht, inwieweit auch bei maltodextrinhaltigen Säuglingsnahrungen unter Einfluss von  $\alpha$ -Amylase weitere Zucker freigesetzt werden.

Ziel der vorliegenden Studie war es deshalb, mögliche Veränderungen des Gehalts an niedermolekularen Zuckern in Maltodextrin-Basisprodukten und maltodextrinhaltigen Kindertees nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase und menschlichem Speichel zu untersuchen.

## Material und Methode

**Charakterisierung von Maltodextrinen:** Maltodextrine sind Abbauprodukte der Stärke, die durch Säure- und/oder enzymatische Hydrolyse gewonnen werden. Bei der Herstellung lassen sich die jeweiligen funktionellen und diätischen Eigenschaften gut steuern. Die Verdauung und Spaltung der Stärke beginnt bereits in der Mundhöhle und wird durch die Aktivität der  $\alpha$ -Amylase des Speichels bewirkt. Diese unterliegt ebenso wie die Speichelsekretion individuellen, konstitutionellen und tageszeitlichen Schwankungen (DAWES 1972). Der  $\alpha$ -Amylase-Gehalt der menschlichen Mundflüssigkeit liegt zwischen 0,04 und 0,4 mg/ml (JACOBSEN et al. 1972, MÖRMANN-BUCHMANN 1979). Das Enzym spaltet Polysaccharidketten wie Stärke oder Maltodextrine nach dem Prinzip der «multiplen Attacke», wobei als kleinste Einheit Maltotriose in Maltose und Glucose gespalten wird (BERGMEYER 1974).

Wichtigstes Unterscheidungskriterium der Maltodextrine ist der Dextrose-Äquivalent-Wert (DE-Wert). Er kennzeichnet die in Gramm angegebene Menge an reduzierendem Zucker (ab Dextrose) in 100g Trockensubstanz des Produktes. Erzeugnisse mit niedrigem DE-Wert enthalten einen hohen Anteil an Polysacchariden und einen niedrigen Gehalt an niedermolekularen Zuckern. Umgekehrt gilt, dass Produkte mit hohem DE-Wert auch einen hohen Anteil an niedermolekularen Zuckern, aber weniger Polysaccharide enthalten. Nach SCHWAIGER (1990) bilden die Verzuckerungsprodukte der Stärke mit einem DE-Wert zwischen 3 und 20 die Gruppe der Maltodextrine. Produkte mit noch höheren DE-Werten werden den Glucose-Sirupen zugeordnet. Weitere Einzelheiten zur Zusammensetzung und zu wichtigen Eigenschaften der Maltodextrine beschreibt WACHTEL (1990).

**Untersuchte Produkte:** Wir untersuchten fünf Maltodextrin-Basisprodukte und fünf Instanttees mit Maltodextrinen als Trägersubstanz. Die Maltodextrin-Basisprodukte wurden uns von den Firmen Roquette (Lesterm/Frankreich), Cerestar (Krefeld/Deutschland) und Milupa AG (Friedrichsdorf/Deutschland) für wissenschaftliche Studien zur Verfügung gestellt. Die getesteten Instanttees kamen von der Milupa AG, der Hipp KG (Pfaffenhofen/Deutschland) und der Nestlé GmbH (München/Deutschland) für Alete und Bübchen. Tabelle I gibt die Produktbezeichnungen der Maltodextrin-Basisprodukte und deren DE-Werte wieder. Aus Tabelle II sind die Produktnamen der Instanttees und deren auf den Verpackungen ausgewiesene Gehalte an Kohlenhydraten und Maltodextrinen in den Granulaten und Standardlösungen zu entnehmen.

**Gewichtsbestimmungen und pH-Wert-Messungen:** Zur Standardisierung der Messungen bedurfte es der Gewichtsbestimmung der jeweiligen Teegranulate, da die Hersteller als Dosierungsangabe für die Zubereitung jeweils nur die Anzahl der «Teelöffelfüllungen» angegeben hatten. Vor Beginn der Untersuchungen wurden dementsprechend die Teelöffelfüllungen gemäss Angabe auf den Verpackungsetiketten für das Ansetzen der Stan-

Tab. 1 Getestete Maltodextrin-Basisprodukte

| Produkt | Bezeichnung              | Dextroseäquivalent (DE) |
|---------|--------------------------|-------------------------|
| 1       | Roquette                 | bis 3                   |
| 2       | Cerestar, C-Pur 01908    | 8-12                    |
| 3       | Md2 (Codierung)          | 11-13                   |
| 4       | Roquette, Glucidex-IT 12 | 11-14                   |
| 5       | MD (Codierung)*          | keine Angabe            |

\* von der Milupa AG zur Verfügung gestellt

Tab. II Getestete Maltodextrin-Instanttee-Produkte

| Produkte  | Kohlenhydrate<br>(Firmenangaben) |                                | Maltodextrine<br>(Firmenangaben) |                                |
|---|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
|   | Granulat<br>g/100 g              | Standard-<br>lösung<br>g/100 g | Granulat<br>g/100 g              | Standard-<br>lösung<br>g/100 g |
| 1 Hipp Säuglings-Tee, Baby's Erster, nach der 1. Woche, Fencheltee                                      | 92,9                             | 2,3                            | erwähnt                          | keine Angabe                   |
| 2 Alete Baby Fenchel-Tee, ab 2. Woche   | 91,0                             | 2,5                            | erwähnt                          | keine Angabe                   |
| 3 Hipp Säuglings-Tee, Baby's Erster, nach der 1. Woche, Kräutertee                                      | 93,2                             | 2,3                            | erwähnt                          | keine Angabe                   |
| 4 Alete Baby Kräuter-Tee, ab 2. Woche   | 91,0                             | 2,7                            | 91,0                             | 2,7                            |
| 5 Bübchen Baby-Tee, für Säuglinge ab der 2. Woche bis ins Schulalter, mit Fenchel, Kümmel und Koriander | 95,0                             | keine Angabe                   | erwähnt                          | keine Angabe                   |

dardlösungen unter Verwendung eines mittelgrossen Teelöffels abgewogen. Dazu führten wir jeweils 10 Gewichtsbestimmungen durch und errechneten daraus den Mittelwert.

Zur Beurteilung der Säurestärke der Standardlösungen wurde der pH-Wert der obengenannten Produkte mit dem pH-Meter Calimatic 761 (Janick, D-Berlin) bestimmt.

**Speichel:** Die erforderlichen Speichelproben der drei erwachsenen Probanden wurden nach Stimulation des Speichelflusses mittels Kauen auf 2 g schweren Paraffinstücken an den Versuchstagen jeweils um 8 Uhr gewonnen. Die Bestimmung der Speichelfliessraten war durch Expektorieren in ein Messgefäss über 5 min jeweils um 8, 12 und 15 Uhr durchgeführt worden. Die dadurch ermittelten durchschnittlichen Werte betragen 2,4 (Proband A), 1,8 (Proband B) und 1,5 ml/min (Proband C). Sie lagen damit in dem von ERICSSON & HARDWICK (1978) ermittelten Normbereich von 1,0 und 3,0 ml/min. Die durchschnittliche Amylaseaktivität der Speichelproben der drei Probanden und des Enzyms wurden im Zentrallabor des Giessener Klinikums nach dem Analyseverfahren « $\alpha$ -Amylase EPS» (BOEHRINGER MANNHEIM 1990) für Proband A mit  $103793 \pm 4680$  U/l, für Proband B mit  $79483 \pm 30028$  U/l, für Proband C mit  $70753 \pm 20217$  U/l und für die  $\alpha$ -Amylase aus Schweinepankreas mit  $61740 \pm 8941$  U/l ermittelt.

**Probenoorebereitung:** 1 g jeder Probe wurde mit 60 ml Aqua dest in einem 100-ml-Messkolben zum Kochen gebracht, anschliessend auf Zimmertemperatur (22 °C) abgekühlt und erneut mit Aqua dest bis zur 100-ml-Markierung aufgefüllt. Hiernach bestimmten wir den Gehalt an Glucose und Maltose/Maltotriose sowie für die Instanttees zusätzlich an Fructose und Saccharose. Im Anschluss wurde in je 1 ml der Lösungen im ersten Versuchsabschnitt 0,04 ml ( $\pm$  0,4mg)  $\alpha$ -Amylase aus Schweinepankreas (Boehringer, D-Mannheim), gemäss des oberen Amylase-Gehaltes des menschlichen Speichels, zugesetzt. Die Aktivierung des Enzyms erfolgte mittels 0,02 ml NaCl (10 mM). Im zweiten Versuchsabschnitt versetzten wir 1 ml der Proben mit 1 ml menschlichem Speichel. Im letzten Arbeitsschritt konnten dann für beide Versuchsabschnitte die Veränderungen der Zuckergehalte nach 10, 60 und 300 sec Einwirkzeit bestimmt werden. Dabei wurden nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase die Mittelwerte aus jeweils 5 Probenmessungen und nach Zugabe von Speichel die Mittelwerte aus den Messungen der 3 Probanden ermittelt. Die Enzymwirkung liess sich entsprechend des gewählten Zeitraumes durch abrupte Temperaturerhöhung (100 °C-Wasserbad) stoppen.

**Analyseverfahren:** Der Gehalt der verschiedenen Zucker in den Lösungen wurde nach Filtration und Zentrifugation mit Hilfe von standardisierten Enzymtests spektralphotometrisch am elektronisch gesteuerten Spektralphotometer U-2000 bestimmt (Hitachi, Tokio/Japan). Grundlage dafür ist die Umsetzung der Einzelzucker, die frei oder als Bausteine von Zwei- oder Dreifachzuckern vorliegen, durch das Coenzym NADP. Letzteres verhält sich als Indikatorstoff dem zu bestimmenden Zucker proportional, wobei die Änderung der UV-Lichtabsorption beim Übergang von NADP in NADPH die eigentliche Messgrösse darstellt. Die Reaktion verläuft spezifisch und stöchiometrisch, das heisst, die jeweiligen Zucker werden vollständig umgesetzt und lassen sich schliesslich nach dem Lambert-Beerschen Gesetz berechnen (BOEHRINGER MANNHEIM 1989). Als Test-Sets verwendeten wir «Maltose/Saccharose/D-Glucose» und für die Fructosebestimmung Saccharose/D-Glucose/D-Fructose (Boehringer, D-Mannheim), wobei mit ersterem über die enthaltene  $\alpha$ -Glucosidase auch Maltotriose erfasst und zusammen mit der Maltose berechnet wurde.

**Statistik:** Die statistischen Auswertungen und Berechnungen erfolgten anhand des Programmes SPSS (1994) unter Anwendung des t-Tests für paarige Stichproben bei einem Signifikanzniveau von  $p \leq 0,05$ .

## Resultate

**Gewichtvergleich der Teegranulate:** Der Gewichtvergleich der Teegranulate zwischen den Firmenangaben und unseren Messungen liess doch beträchtliche Unterschiede erkennen (Tab III), so dass wir uns im Folgenden bei der Berechnung der weiteren Ergebnisse an den eigenen Messergebnissen für die jeweiligen Standardlösungen der fünf Produkte orientierten. Das bedeutet zum Beispiel, dass wir davon ausgingen, dass in der Standardlösung des Produktes 1 nicht 2,5 g/100ml (Firmenangabe), sondern nur 1,8 g/100ml des Granulates enthalten waren.

**H<sup>+</sup>-Ionen-Konzentration der Instanttees (Tab.III):** Vier Produkte lagen bei Verwendung von neutralem Trinkwasser (pH 7) im leicht sauren pH-Wert-Bereich zwischen 5,3 und 5,9. Noch deutlich darunter befand sich allerdings das ascorbinsäurehaltige Produkt 4 mit einem pH-Wert von 4,1.

**Bestimmung der Mono-, Di- und Trisaccharide:** Als Ausgangswerte vor der Zugabe von  $\alpha$ -Amylase oder Speichel ergaben sich für die jeweiligen Standardlösungen die in Tabelle IV dargestellten und aus 5 Messungen gemittelten Ergebnisse. Dabei liessen sich für die Maltodextrin-Basisprodukte mit steigenden DE-Werten (Tab. I) auch zunehmende Anteile an Maltose/Maltotriose und Glucose feststellen. Bei den maltodextrinhaltigen

Tab. III Gewichtbestimmungen der Teegranulate und pH-Werte der Standardlösungen

| Produkt | Granulat<br>(g/Teelöffelfüllung) |          | Standardlösung<br>(g/100 ml) |          | Standardlösung<br>pH-Wert |
|---------|----------------------------------|----------|------------------------------|----------|---------------------------|
|         | Firmenangabe                     | gemessen | Firmenangabe                 | gemessen |                           |
| 1       | 2,5                              | 1,8      | 2,5                          | 1,8      | 5,9                       |
| 2       | 2,5                              | 2,9      | 2,5                          | 2,9      | 5,3                       |
| 3       | 2,5                              | 1,9      | 2,5                          | 1,9      | 5,5                       |
| 4       | 3,0                              | 3,6      | 3,0                          | 3,6      | 4,1*                      |
| 5       | 2,5                              | 2,7      | 2,5                          | 2,7      | 5,9                       |

\* enthält Vitamin C (Ascorbinsäure)

Tab. IV Zuckergehalte in den Standardlösungen (g/100 ml)

| Maltodextrin-Produkte | Maltose/Maltotriose | Glucose     | Saccharose  | Fructose    | Gesamtzucker |
|-----------------------|---------------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| 1                     | 0,007±0,001         | 0,001±0,001 | *           | *           | 0,008        |
| 2                     | 0,057±0,001         | 0,002±0,002 | *           | *           | 0,059        |
| 3                     | 0,078±0,001         | 0,004±0,001 | *           | *           | 0,082        |
| 4                     | 0,079±0,010         | 0,006±0,001 | *           | *           | 0,085        |
| 5                     | 0,148±0,01          | 0,007±0,002 | *           | *           | 0,155        |
| <b>Instanttees</b>    |                     |             |             |             |              |
| 1                     | 0,27±0,02           | 0,036±0,01  | 0,007±0,003 | 0,007±0,001 | 0,320        |
| 2                     | 0,43±0,03           | 0,058±0,020 | 0,007±0,003 | *           | 0,495        |
| 3                     | 0,3±0,02            | 0,036±0,02  | 0,007±0,001 | 0,005±0,001 | 0,348        |
| 4                     | 0,48±0,03           | 0,042±0,002 | *           | 0,014±0,003 | 0,536        |
| 5                     | 0,39±0,01           | 0,041±0,01  | 0,008±0,003 | *           | 0,439        |

\* Unterhalb der Nachweisgrenze von 0,001 g/100 ml

Kindertees lagen die Werte für Maltose/Maltotriose und Glucose jeweils dicht beieinander. Der Gehalt an Saccharose und Fructose war minimal und lag teilweise unterhalb der Nachweisgrenze von 0,001g/100ml.

**Anstiegsverhalten bei den Maltodextrin-Basisprodukten:** Basierend auf den Ausgangswerten der getesteten Produkte für Maltose/Maltotriose zwischen 0,007 und 0,148 g/100ml (Tab. IV) liess sich schon während der Einwirkung der  $\alpha$ -Amylase über 10 sec eine schnelle Zunahme des Maltose-/Maltotriosegehaltes auf Werte zwischen 0,65 und 0,75 g/100ml erkennen ( $p < 0,001$ ). Nach Einwirkzeiten über 60 und 300 sec waren dann nur noch minimale Veränderungen festzustellen (Abb. 1a). Unter Speichereinfluss über 10 sec stiegen die Maltose-/Maltotriosegehalte ebenfalls schnell auf Werte zwischen 0,56 und 0,72 g/100ml an ( $p < 0,001$ ). Danach ergaben sich auch hier nur noch geringfügige Veränderungen mit Werten zwischen 0,70 und 0,78 g/100ml nach 300 sec (Abb. 1b).

Die Glucosegehalte zeigten bei einer Einwirkzeit der  $\alpha$ -Amylase über 10 sec gleichfalls einen steilen Anstieg von den Ausgangswerten zwischen 0,001 und 0,007 g/100ml (Tab. IV) auf Werte zwischen 0,033 und 0,041 g/100ml ( $p < 0,001$ ). Danach nahmen die Anstiegskurven aller Maltodextrin-Basisprodukte einen deutlich flacheren Verlauf und erreichten nach 60 sec Werte zwischen 0,039 und 0,053 g/100ml sowie nach 300 sec Werte zwischen 0,054 und 0,067 g/100ml (Abb. 2a). Nach Speichelzugabe lagen die Anstiegswerte der Glucose bei einer Einwirkzeit über 10 sec für alle Produkte beträchtlich unter denen des Einflusses von  $\alpha$ -Amylase (Abb. 2b), zeigten aber noch signifikante Unterschiede zu den Ausgangsmessungen ( $p < 0,001$ ). Hier ergaben sich nur Werte zwischen 0,009 und 0,015 g/100ml. Auch nach 60 und 300 sec erfolgten lediglich geringfügige Veränderungen, wobei Werte zwischen 0,012 und 0,022 g/100ml nach 300 sec erreicht wurden.

**Anstiegsverhalten bei den Instanttees:** Basierend auf den Ausgangswerten der getesteten Teeprodukte für Maltose/Maltotriose zwischen 0,27 und 0,48 g/100ml (Tab. IV) liessen sich schon während der Einwirkzeit der  $\alpha$ -Amylase über 10 sec schnelle Anstiege des Maltose-/Maltotriosegehaltes auf Werte zwischen 1,13 und 2,35 g/100ml erkennen ( $p < 0,001$ ). Nach Einwirkzeiten über 60 und 300 sec waren dann nur noch minimale Veränderungen festzustellen. Die Kurvenverläufe waren dementsprechend für alle Produkte sehr flach und annähernd waagrecht (Abb. 3a). Unter Speichereinfluss über 10 sec stiegen die Maltose-/Maltotriosegehalte ebenfalls schnell auf Werte zwischen 1,19 und 2,35 g/100ml an ( $p < 0,001$ ). Der nachfolgende Anstieg war für die fünf Produkte nur noch minimal und erreichte nach 300 sec Messpunkte zwischen 1,27 und 2,58 g/100ml (Abb. 3b).

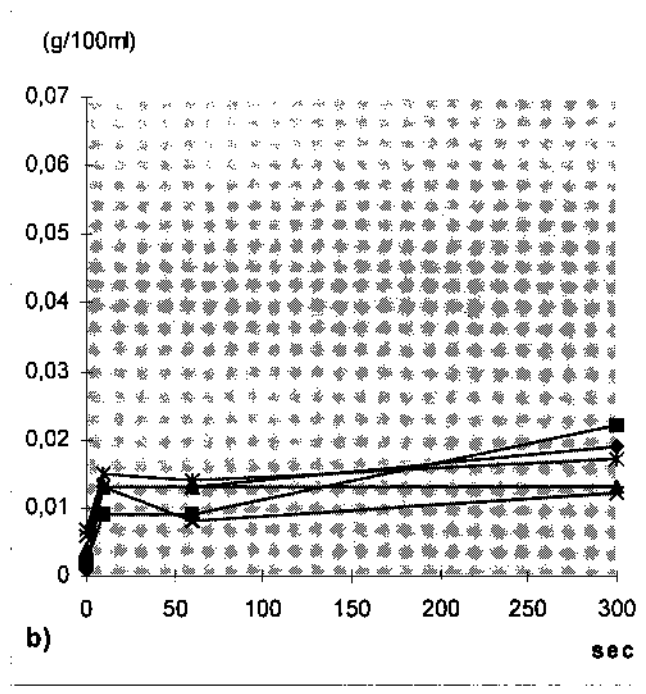
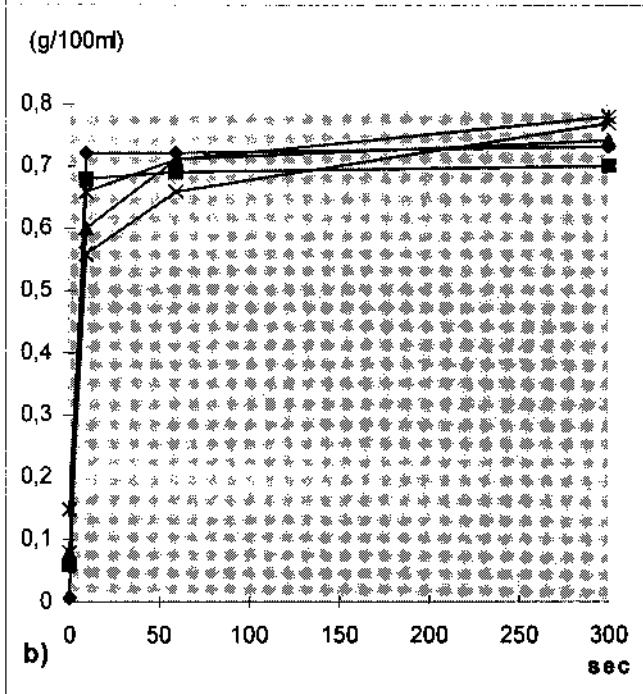
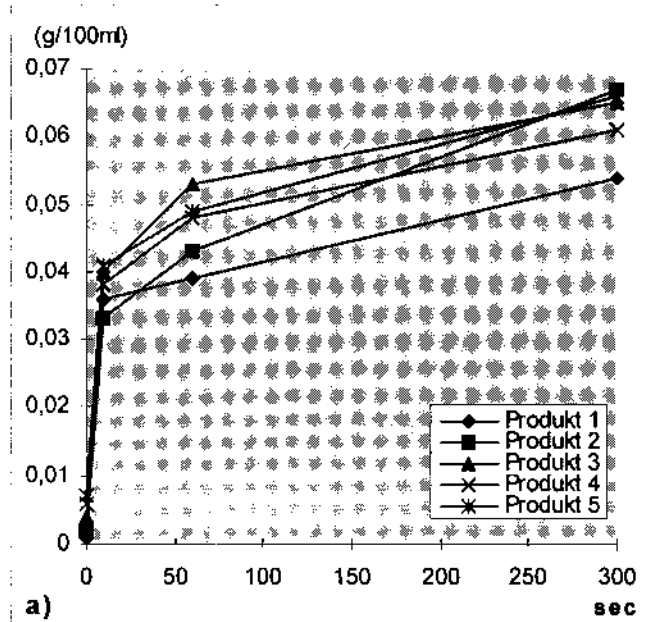
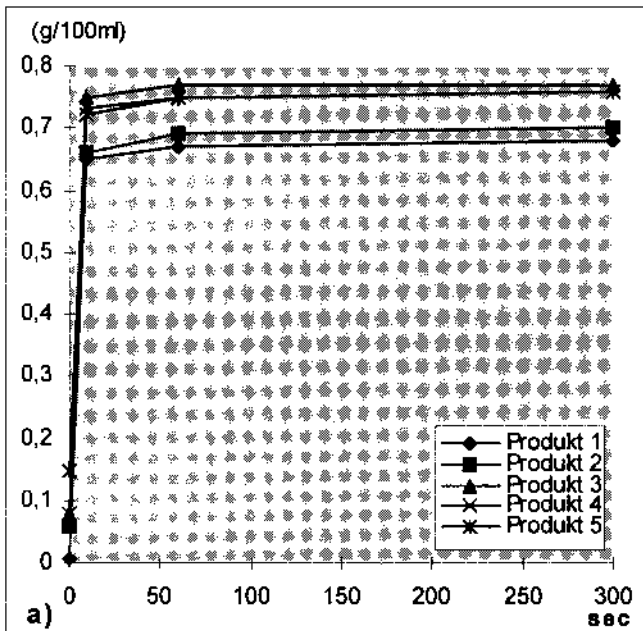


Abb. 1 Maltose-/Maltotriosegehalt in den Standardlösungen der Maltodextrin-Basisprodukte a) nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase, b) nach Speichelzugabe

Abb. 2 Glucosegehalt in den Standardlösungen der Maltodextrin-Basisprodukte a) nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase, b) nach Speichelzugabe

Die Glucosegehalte zeigten bei einer Einwirkzeit der  $\alpha$ -Amylase über 10 sec gleichfalls einen beträchtlichen Anstieg von den Ausgangswerten zwischen 0,036 und 0,058 g/100ml (Tab. IV) auf Werte zwischen 0,069 und 0,162 g/100ml ( $p < 0,001$ ). Danach nahmen die Anstiegskurven aller Maltodextrin-Instanttees einen flacheren Verlauf und erreichten nach 60 sec Werte zwischen 0,097 und 0,264 g/100ml sowie nach 300 sec Werte zwischen 0,112 und 0,236 g/100ml (Abb. 4a). Nach Speichelzugabe lagen die Anstiegswerte der Glucose bei einer Einwirkzeit über 10 sec für alle Teeprodukte beträchtlich unter denen des Einflusses von  $\alpha$ -Amylase (Abb. 4b). Es ergaben sich nur Werte zwischen 0,041 und 0,082 g/100ml ( $p = 0,002$ ). Auch nach 60 und

300 sec erfolgten lediglich geringfügige Veränderungen, was demzufolge sehr flache bis annähernd waagerechte Kurvenverläufe zur Folge hatte.

Bleibt zu ergänzen, dass sich sowohl nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase als auch von Speichel keine Veränderungen im Gehalt an Saccharose und Fructose bei den maltodextrinhaltigen Instanttees ergaben.

## Diskussion

Wie schon vorangegangene Untersuchungen aus unserer Arbeitsgruppe (KOCH & WETZEL 1995b), so bestätigen auch die Er-

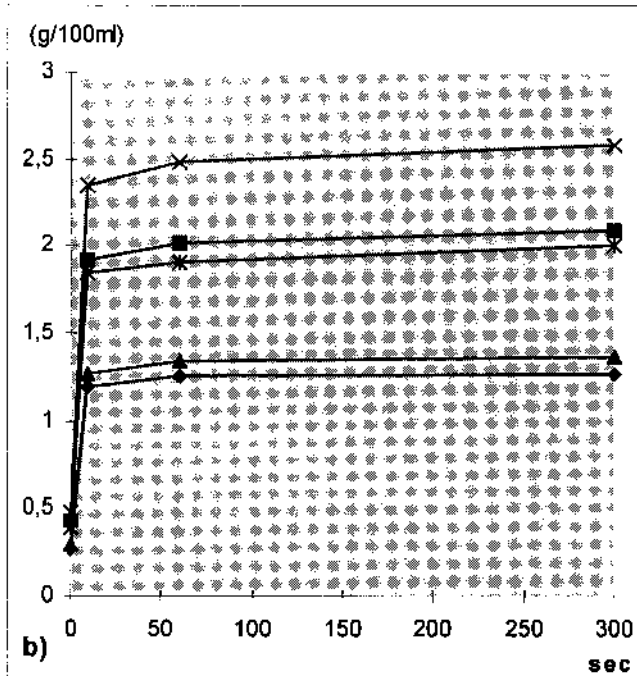
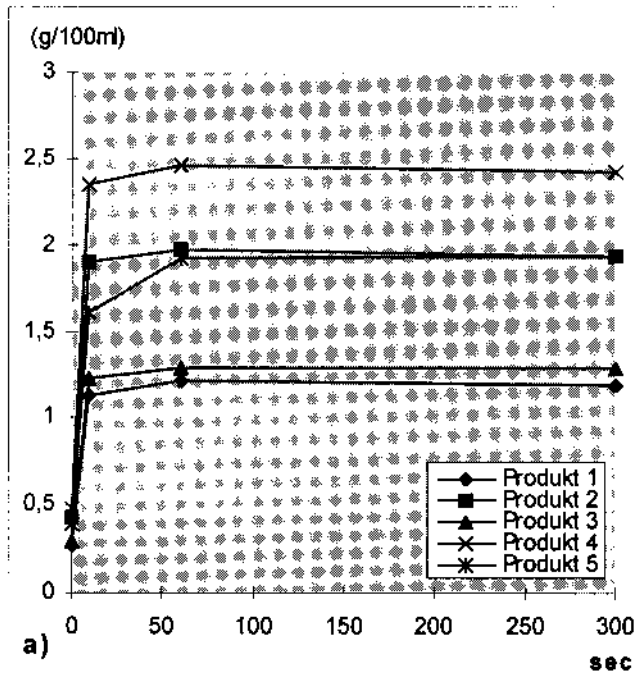


Abb. 3 Maltose-/Maltotriosegehalt in den Standardlösungen der Maltodextrin-Instanttees a) nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase, b) nach Speichelzugabe

gebnisse der vorliegenden Studie, dass es sich bei Maltodextrinen um Stoffgemische mit unterschiedlichen Anteilen an kariogenen Zuckern in Form von Mono-, Di- und Trisacchariden sowie an Oligo- und Polysacchariden handelt. Es liessen sich sowohl in den getesteten Maltodextrin-Basisprodukten als auch in den maltodextrinhaltigen Instanttees jeweils Maltose/Maltotriose und Glucose nachweisen. Dabei zeigte sich, dass der Gehalt an niedermolekularen Kohlenhydraten bei den Basisprodukten grösser war, wenn es sich um Testsubstanzen mit höherem DE-Wert handelte. Daraus lässt sich schliessen, dass in Abhängigkeit von der Höhe des DE-Wertes auch Unterschie-

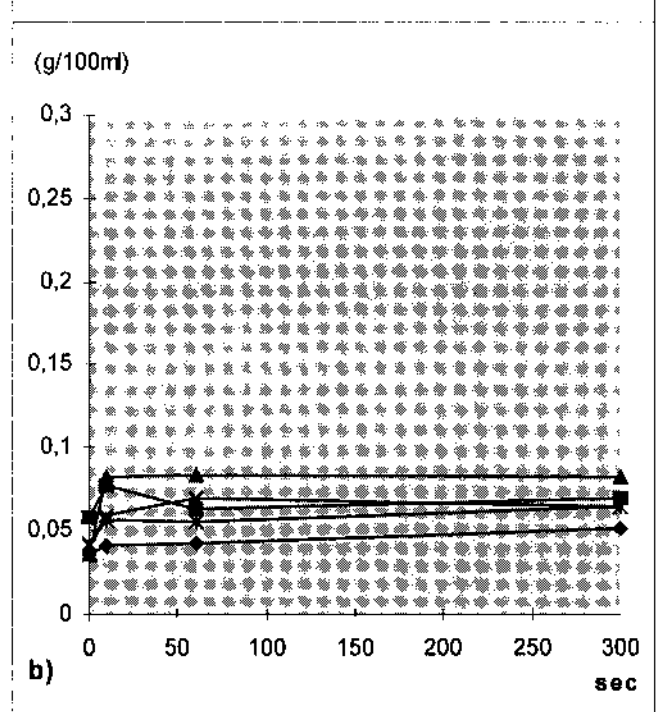
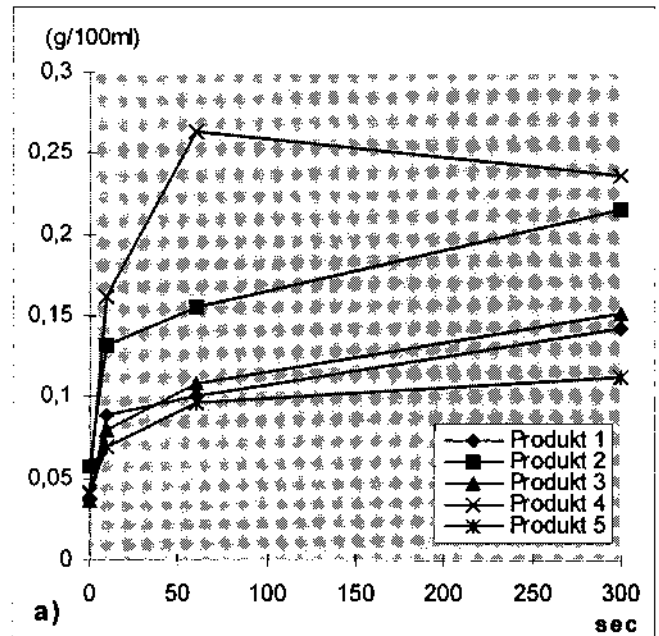


Abb. 4 Glucosegehalt in den Standardlösungen der Maltodextrin-Instanttees a) nach Zugabe von  $\alpha$ -Amylase, b) nach Speichelzugabe

de für die Bewertung der potentiellen Kariogenität bei den maltodextrinhaltigen Produkten bestehen.

Dass aber neben den bereits vorhandenen Zuckern auch die länger-kettigen Glucose-Einheiten in Form von Dextrinen bei der Aufnahme in die Mundhöhle unter kariologischen Gesichtspunkten zu beachten sind, lässt sich jetzt ebenfalls belegen. Aufgrund der guten Zugänglichkeit derartiger Stärkespaltprodukte für orale Enzyme in Form von Amylasen können nämlich zusätzliche Glucose-, Maltose- und Maltotriosemoleküle unter Speichelzutritt entstehen (LINKE & MOSS 1992). Dabei betonte MÖRMANN-BUCHMANN (1979), dass

trotz einiger Unterschiede im Bestand an Isoenzymen keine prinzipiellen Abweichungen von den für Amylose und Amylopektin gültigen Abbaumustern bei der Hydrolyse von Weizenstärkelösungen durch Speichel- $\alpha$ -Amylase in menschlicher Mundflüssigkeit und  $\alpha$ -Amylase aus Schweinepankreas bestehen. Schon in unserem ersten Versuchsdurchgang fand gerade bei den Maltodextrin-Basisprodukten mit niedrigem DE-Wert nach einer  $\alpha$ -Amylase Einwirkzeit über 10 sec eine schnelle Zunahme sowohl der Maltose/Maltotriose als auch der Glucose statt. Doch auch bei den Substanzen mit höherem DE-Wert ergab sich noch eine Zunahme dieser kariogenen Zucker auf das 5- bis 8fache der Ausgangswerte. Ganz ähnliche Ergebnisse erbrachten die Untersuchungen mit menschlichem Speichel.

Bei den Testungen der maltodextrinhaltigen Instanttees liessen sich nach  $\alpha$ -Amylase- und Speichelzugabe bereits nach 10 sec für Maltose/Maltotriose Anstiege auf das 4- bis 5fache der Ausgangswerte beobachten, während die Zunahme für Glucose deutlich geringer war. Dieses Ergebnis stimmt mit den Feststellungen von HERMAN (1974) überein, wonach auch nach längerer Einwirkzeit von Amylase der Anteil der Glucose beim Stärkeabbau allenfalls 16 bis 19 % ausmache und damit deutlich unter dem Anteil der Maltose liege. Ausserdem zeigte sich, dass die Zugabe von isolierter  $\alpha$ -Amylase in höherer Masse zur Freisetzung von Glucose führte als die Zugabe von menschlichem Speichel. Dies könnte daran liegen, dass trotz der Abtrennung der zellulären Bestandteile durch Zentrifugation im Speichel noch gelegentlich bakterielle Produkte verbleiben. Diesbezüglich berichteten ITSUO et al. (1981) über den inhibitorischen Effekt eines aus *Actinomyces*, *Actinoplanes*, *Ampullariella* und *Streptosporangium* gewonnenen komplexen Oligosaccharides ( $\alpha$ -GHI) auf die  $\alpha$ -Amylaseaktivität im menschlichen Speichel. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass spätestens seit den Untersuchungen von MÖRMANN-BUCHMANN (1979) feststeht, dass auch die Maltotriose wegen ihrer Umsetzbarkeit in organische Säuren zu den kariogenen Kohlenhydraten zu zählen ist, weshalb sie bei unserer Analytik auch mit einbezogen wurde.

Doch welche weiteren Schlüsse lassen sich aus den Ergebnissen dieser Untersuchungen ziehen? Bisher galt, dass Maltodextrine bei Verwendung in Nahrungsmitteln für Säuglinge und Kleinkinder einen neutraleren Geschmack bieten als isolierte Zucker. Dies trifft aber nur so lange zu, wie derartige maltodextrinhaltige Produkte bloss kurz in der Mundhöhle verweilen. Werden sie dagegen bei Trinknahrungen langsam aus der Saugerflasche in die Mundhöhle gesaugt, so lernen es die Kleinkinder schnell, den Süssgeschmack durch genüssliches Verhalten in der Mundhöhle zu erhöhen. Ein Effekt, der daraus resultiert, dass die Gemische aus Poly-, Oligo-, Di- und Monosacchariden bei der Durchmischung mit dem Speichel durch die dort vorhandenen Hydrolasen wie  $\alpha$ -Amylase,  $\beta$ -Amylase und Glucoseamylase schnell zu Zucker abgebaut werden. Dass sich die beschriebenen Vorgänge auch tatsächlich im Alltag betroffener Kinder mit Saugerflaschenabusus abspielen, können die Aussagen vieler Eltern uns gegenüber bestätigen, die versucht haben, zucker- oder maltodextrinhaltige Flaschengetränke gegen garantiert zuckerfreie Varianten auszutauschen. Die häufig schon sprechfähigen Jungen und Mädchen hätten sich dem stets mit Bezeichnungen wie «schmeckt nicht» oder «nicht süss» verweigert. Diesbezüglich fanden HANISCH et al. (1995) für Patienten mit Gebisszerstörungen des Nursing-Bottle-Syndroms einen durchschnittlichen Zeitraum der Trinkzufuhr aus Saugerflaschen von 32,1 Monaten. Auch seien Ermahnungen, die speziell

maltodextrinhaltigen Tees zügig über die Saugerflasche aufzunehmen zumeist gescheitert, während die Milchflasche von denselben Kindern problemlos in kurzer Frist geleert wurde. Waren diese Zusammenhänge bereits in den vorausgehenden Studien unserer Arbeitsgruppe vermutet worden, so dürften sie nunmehr, besonders für die Freisetzung von Maltose/Maltotriose, bestätigt worden sein. Bereits nach einer Einwirkzeit von nur 10 sec war der Gehalt an vergärbaren Zuckern um das Vielfache bei den Basisprodukten und um das 4- bis 5fache bei den Instanttee-Produkten angestiegen.

Bezogen auf Instanttees schreibt KEYMER (1982/83): «Bei den Verhältnissen im Mund eines Kindes, welches mit Hilfe eines Saugerfläschchens Tee bekommen hat und darüber eingeschlafen ist, dürfen wir davon ausgehen, dass – gemessen an der Menge des verbleibenden Zuckers – Amylase immer im Überschuss vorhanden ist.» Dies erklärt, weshalb trotz der unterschiedlichen Amylaseaktivität des Speichels der 3 Probanden bei ebenfalls unterschiedlichen Speichelflussraten nur unwesentliche Abweichungen im Anstiegsverhalten für Maltose/Maltotriose und Glucose in dieser Studie aufgetreten sind. Auch darf mit ähnlich hoher, wenn nicht sogar noch höherer Zuckerfreisetzung in der Mundhöhle von Kindern gerechnet werden, da nach BEN-ARYEH et al. (1986) die stimulierte und nicht stimulierte  $\alpha$ -Amylaseaktivität aus Parotispeichel mit zunehmendem Alter abnimmt.

KEYMER (1982/83) konnte auch zeigen, dass bei Zugabe verschiedener Kohlenhydrate im verdünnten menschlichen Speichel nach zwei Stunden aus Stärke und Stärkesirup die grössten Säuremengen freigesetzt worden waren. Und da Stärkesirupe im Vergleich zu Maltodextrinen nur Gemische aus Poly-, Oli-, Di- und Monosacchariden mit noch höheren DE-Werten darstellen, liess sich vor unseren Untersuchungen schon die geschilderte schnelle Zunahme der niedermolekularen Kohlenhydrate unter  $\alpha$ -Amylaseeinfluss auch für Maltodextrine durchaus vermuten. RAMIREZ (1995) stellte im Tierversuch fest, dass die Zufuhr maltodextrinhaltiger Flüssigkeiten im Vergleich zur Gabe einer Stärkelösung bei Ratten eine vermehrte Flüssigkeitsaufnahme auslöste. Für den Konsum maltodextrinhaltiger Kindertees könnte dies bedeuten, dass deren Kariogenität auch bei Kleinkindern durch eine womöglich gesteigerte Aufnahmemenge noch erhöht wird. Dass «die Unsitte des Nuggelfläschchens» grundsätzlich nicht nur in einer mehr oder minder schweren – bis verheerenden – Karies resultiert, sondern auch eine unphysiologische Flüssigkeitsbelastung darstellt, formulierten bereits MARTHALER & TÖNZ (1985).

Zusätzliche Bedeutung dürften für die Verhältnisse in der menschlichen Mundhöhle die Feststellungen von BERGMANN et al. (1996) erlangen, wonach sich die stärkeabbauende Aktivität gerade in der Nähe zur Zahnoberfläche erhöht. Dies beruhe darauf, dass bestimmte orale Streptokokken  $\alpha$ -Amylase in der Zahnplaque fixieren und diese unter Erhaltung ihrer Enzymaktivität binden. Das so immobilisierte Enzym wäre in der Lage, seine Aktivität über längere Zeiträume bevorzugt innerhalb der Plaque auszuüben. Dadurch würden dann das Wachstum und die Säurebildung der kariogenen Bakterien aus den Abbauprodukten der Stärke noch beschleunigt.

Ob schliesslich auch die überwiegend im schwach sauren Bereich angesiedelten pH-Werte der Instanttees zu einer zusätzlichen erosiven Schädigung des Zahnschmelzes bei Aufnahme als Flaschengetränk führen können, lässt sich aufgrund der vorliegenden In-vitro-Studie nur vermuten, aber nicht belegen (WETZEL 1983).

## Summary

ZAKIPOUR H, WETZEL W-E: **Release of maltose/maltotriose and glucose from maltodextrines and maltodextrin-based instant teas by porcine pancreatic and human salivary amylase** (in German). *Acta Med Dent Helv* 4: 95–101

The aim of our in vitro studies was to determine as to which extent the sugar content of maltodextrin-based teas and maltodextrin basic products rises after addition of porcine  $\alpha$ -amylase or human saliva. We prepared different samples of products according to the manufacturers instructions and added  $\alpha$ -amylase or human saliva. The content in maltose/maltotriose, glucose, saccharose and fructose was measured after 10, 60 and 300 sec, using a commercial test kit and a spectrophotometer. Analysis demonstrated within 10 sec a rapid increase of the concentration maltose/maltotriose in both the basic products and instant teas. Glucose showed a higher increase after addition of  $\alpha$ -amylase than after addition of saliva. After 10 sec further increase was minor. The content of fructose and saccharose stayed constant during the whole experiment. It can be concluded from our results, that the cariogenicity of maltodextrin-based child food can rapidly increase in the oral cavity.

## Résumé

Le but de cet examen in vitro était de contrôler la quantité de sucres libérés dans des thés solubles pour enfants ainsi que dans des produits de base à la maltodextrine en fonction du temps et sous influence d'amylase  $\alpha$  ou de salive humaine. Les produits étaient préparés selon les indications des producteurs. Ensuite, après avoir ajouté de l'amylase  $\alpha$  ou de la salive humaine, la teneur en maltose/maltotriose, glucose, saccharose et fructose fut mesurée après 10, 60 et 300 sec. par spectrophotométrie à l'aide de sets test commerciaux.

Pour les produits de base à la maltodextrine, les taux de maltose/maltotriose, faibles au départ, augmentaient de façon considérable au cours des 10 premières secondes dans les deux essais. Pour les thés solubles, les taux, plus élevés dès le départ, étaient également multipliés par 4 ou 5 au bout du même laps de temps. Dans tous les produits testés, les taux de glucose augmentaient davantage après addition d'amylase  $\alpha$  qu'après addition de salive humaine. Au bout de 60 et de 300 secondes, les variations n'étaient plus que faibles dans toutes les épreuves. Les taux de saccharose et de fructose restaient inchangés.

Les résultats montrent que l'influence de l'amylase salivaire dans la cavité buccale peut augmenter de façon considérable la cariogénicité de produits alimentaires pour enfants.

## Literatur

- BEN-ARYEH H, SHALEV A, SZARGEL R, LAOR A, GUTMAN D: The salivary flow rate and composition of whole and parotid resting and stimulated saliva in young and old healthy subjects. *Biochem Med Metab Biol* 36: 260–265 (1986)
- BERGMANN J E, RUDEL A, GÜLZOW H J: Spielt Speichel-Amylase bei der Kariogenität von Stärke eine Rolle? *Dtsch Zahnärztl Z* 51: 705–707 (1996)
- BERGMEYER H U: Methoden der enzymatischen Analyse. Chemie GmbH, Weinheim/Bergstr, pp 918–932 (1974)
- BOEHRINGER MANNHEIM: Methoden der biochemischen Analytik und Lebensmittelanalytik (mit Test-Kombinationen). Boehringer Mannheim GmbH (1989)
- BOEHRINGER MANNHEIM: Automated Analysis for BM/Hitachi System 717. Boehringer Mannheim GmbH Diagnostica 690 – 77160- L1 – 1059.51044621 (1990)
- DAWES C: Circadian rhythms in human salivary flow rate and composition. *J Physiol* 220: 525–545 (1972)
- ERICSSON Y, HARDWICK L: Individual diagnosis, prognosis, and counselling for caries prevention. *Caries Res* 12 (Suppl. 1): 94–102 (1978)
- HANISCH S, GRIEB A, WETZEL W E: Neue Erkenntnisse zum «Nursing-Bottle-Syndrom» in Deutschland. *Dtsch Zahnärztl Z* 50: 210–213 (1995)
- HERMAN R H: Hydrolysis and absorption of carbohydrates, and adaptive responses of the jejunum. In: Sipple H L, Mc Nutt K W (eds.): *Sugars in Nutrition*. Academic Press, New York, San Francisco, London, pp 145–172 (1974)
- HOLLÓ J, LÁSZLÓ E, TÓTH Z: Theoretische und praktische Probleme der Herstellung von Kinder-Nährzucker. *Die Stärke* 25: 239–243 (1973)
- ITSUO S, MAKOTO O, TOMIO Y, ATSUSHI O, CHOITSU S, HOSAI Y, MITSUO M, SHIGEKI B: Effect of  $\alpha$ -glucosidase inhibitor on human pancreatic and salivary  $\alpha$ -Amylase. *Clinica Chimica Acta* 17: 145–152 (1981)
- JACOBSEN N, MELVAER K L, HENSTEN-PETTERSEN A: Some properties of salivary amylase. A survey of the literature and some observations. *J Dent Res* 51: 381–388 (1972)
- KEYMER R: Enzyme und Zeitfaktor bei der Kariesbildung durch Kohlenhydrate. *Pädiat Prax* 27: 67–72 (1982/1983)
- KOCH H, WETZEL W E: Kariogene Kohlenhydrate in Maltodextrinen, Glucosesirupen und maltodextrinhaltigen Kindertees. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 105: 907–912 (1995a)
- KOCH H, WETZEL W E: Kariogene Kohlenhydrate in maltodextrinhaltigen Muttermilchersatznahrungen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 105: 306–310 (1995b)
- LINKE H A B, MOSS S J: Quantitation of carbohydrate sweeteners and organic acids in human oral fluid using HPLC analysis. *Z Ernährungswiss* 31: 147–154 (1992)
- MARTHALER, T M, TÖNZ O: Zahnkaries bei Kleinkindern, Stand Juni 1985. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 95: 785–786 (1985)
- MÖRMANN-BUCHMANN J E: Untersuchung des oralen Stärkeabbaues und der Acidogenität von Stärke. *Naturwissenschaftl Diss, Zürich* (1979)
- RAMIREZ I: Stimulation of fluid intake by maltodextrin and starch. *Physiol-Behav* 57: 687–692 (1995)
- SCHWAIGER M: Stärkeverzuckerungsprodukte. In: VON RYMON LIPINSKI G W, SCHIWECK H (Hrsg): *Handbuch Süßungsmittel*. Behr's, Hamburg, pp 147–179 (1990)
- SPSS/WINDOWS-Base Manual. SPSS-Inc., Chicago, (1994)
- WACHTEL U: Ernährung von gesunden Säuglingen und Kleinkindern. *Thieme, Stuttgart*, pp 162–166 (1990)
- WETZEL W E: Erosive Vorschädigung des Schmelzes der Oberkiefer-Milchfrontzähne bei Kleinkindern durch kritische Säurewerte der sogenannten «Zuckertees». *Oralprophylaxe* 5: 9–12 (1983)